

Anordnung zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung auf mehrere Eigenschaften

Patent number: DE1815674
Publication date: 1969-07-24
Inventor: JOHN RENKEN CLAUS
Applicant: ATOMIC ENERGY COMMISSION
Classification:
- international: G01R33/14
- european: G01N27/90C4
Application number: DE19681815674 19681219
Priority number(s): US19670691999 19671220

Also published as:

 US3443212 (A1)
 GB1197849 (A)
 FR1596128 (A)
 BE725509 (A)
 SE345741 (B)

Report a data error here

Abstract not available for DE1815674

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

51

Int. Cl.:

G 01 n

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.: 42 k, 46/04

10

11

Offenlegungsschrift 1815 674

21

Aktenzeichen: P 81 15 674.6

22

Anmeldetag: 19. Dezember 1968

43

Offenlegungstag: 24. Juli 1969

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: 20. Dezember 1967

33

Land: V. St. v. Amerika

31

Aktenzeichen: 691999

54

Bezeichnung: Anordnung zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung auf mehrere Eigenschaften

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: United States Atomic Energy Commission, Washington, D. C.

Vertreter: Herzfeld, Alexander R., Rechtsanwalt, 6000 Frankfurt

72

Als Erfinder benannt: Renken, Claus John, Orland Park, Ill. (V. St. A.)

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): —

DT 1815674

Anmelder: United States Atomic Energy Commission
Washington D. C.

Anordnung zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung auf
mehrere Eigenschaften

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung auf mehrere Eigenschaften des Werkstoffs durch elektromagnetische Bestrahlung.

Es sind bereits Anordnungen bekannt, die unter Verwendung einer bestimmten Frequenz in dem Werkstoff Wirbelströme erzeugen und eine Prüfung auf nicht mehr als zwei Eigenschaften bzw. variable Parameter des Werkstoffs ermöglichen. Die den betreffenden beiden Parametern entsprechende Information kann dabei in polarer oder rechtwinkliger Form ausgedrückt werden. Hieraus kann dann der entsprechende Messwert der Parameter abgeleitet werden. In Frage kommende Werkstoffparameter sind z. B. der elektrische Widerstand, die Dicke, der Abstand zwischen Werkstoffprobe und Sonde, Dicke und Lage einer Umkleidung, Tiefe etwaiger unter der Oberfläche liegender Fehlerstellen und dergl. Die Ermittlung eines dritten Parameters ist dabei aber nicht möglich, und die Prüfung bleibt in jedem Falle auf

jeweils zwei Werkstoffeigenschaften beschränkt. Das ist auch dann ungünstig, wenn die Prüfung auf nur zwei Eigenschaften beschränkt werden soll, da weitere Parameter die Prüfungseigenschaften oft beeinflussen oder überlagern. Infolgedessen kann bei Verwendung einer einzigen Prüffrequenz ein genaues Prüfergebnis auch nur zweier Eigenschaften nicht erwartet werden.

Es ist daher bereits vorgeschlagen worden, mit Mehrfrequenzsignalen zu arbeiten (s. das USA Patent 3,229,198). Das an die Werkstoffprobe gelegte Erregungssignal ist aus mehreren Frequenzen zusammengesetzt, und das erzeugte Signal wird in seine Fourierkomponenten zerlegt. Da jeder Werkstoffparameter eine bestimmte Frequenz in spezifischer Weise beeinflusst, wird eine verbesserte Messung der Einzelparameter ermöglicht. Jedoch ist die Auffächerung und Zerlegung des abgegriffenen Signals in seine einzelnen Frequenzkomponenten umständlich und schwierig.

Aufgabe der Erfindung ist eine Anordnung zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung durch elektromagnetische Bestrahlung des Werkstoffs, die die Prüfung auf mehrere, insbesondere mehr als zwei Werkstoffeigenschaften ermöglicht, und in einfacher Weise genaue Messergebnisse für jede einzelne Eigenschaft liefert.

Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, dass der von dem Werkstoff reflektierte Impuls der ausgesandten elektromagnetischen Energie

durch eine Detektorschaltung oder dergleichen empfangen und seine Amplitude in einer Reihe von Zeitabständen durch eine geeignete Samplingschaltung abgetastet wird.

Die Sampling- bzw. Abtasthäufigkeit beträgt günstigerweise z. B. maximal $2 \cdot t_w$, wobei w die Bandbreite der Detektorschaltung und t die Zeitdauer des reflektierten Signals bezeichnet. Günstigerweise beträgt dabei der Mindestintervall zwischen jeder einzelnen Abtastung eines bestimmten Impulses $\frac{1}{2w}$.

Anhand der Zeichnungen sei die Anordnung näher erläutert. Dabei zeigt die Figur 1 das Blockschema der Anordnung, die Figur 2 die Wellenform eines reflektierten Signals, die Figur 3 die Schaltung eines in der Anordnung beispielsweise verwendeten Stromtors und die Figur 4 das mit der Anordnung für das Beispiel eines Stahlrohrs erzielte Vierkanal-Oszillographdiagramm.

Die von dem Impulsgenerator 10 erzeugten Impulse bestimmter Folgefrequenz und Dauer werden auf die in einer auf die Werkstückprobe 16 gerichteten Dämpfungsblende 14 angeordnete Spule 12 geleitet. Ein Teil des Ausgangs der Spule 12 wird in Form einer Reihe von elektromagnetischen Impulsfeldern durch die Blendenöffnung 18 auf die Werkstoffprobe 16 gerichtet und durchdringt diese unter Erzeugung reflektierter Impulse der in der Figur 2 gezeigten Wellenform. (Im einzelnen vgl. zur Wirkungsweise das USA Patent 3,229,197).

Die in der Dämpfungsblende angeordnete Empfängerspule 21 leitet die empfangene, reflektierten Signale auf einen bekannten Verteiler-Verstärker 22 mit mehreren, einander gleichen Ausgängen. Gleichzeitig mit der Übertragung eines Signals auf die Spule 12 wird auch ein Signal des Generators 10 über eine einstellbare Verzögerungsleitung 24 auf den Impulsgenerator 26 geleitet, der nach Empfang dieses Signals einen Spitzenimpuls vergleichsweise sehr kurzer Dauer erzeugt. Der Spitzenimpuls wird in ein Stromtor 28 oder dergl. geleitet, dessen zweiter Eingang an einen der gleichen Ausgänge des Verteiler-Verstärkers 22 angeschlossen ist. Ferner wird der Spitzenimpuls des Generators 26 auch über die einstellbare Verzögerungsleitung 30 auf den Impulsgenerator 32 gegeben, der nun seinerseits einen Spitzenimpuls erzeugt und in das Stromtor 34 leitet. Das Tor ist mit seinem zweiten Eingang wiederum mit einem der Ausgänge des Verstärkers 22 verbunden. Ferner wird auch hier der Spitzenimpuls des Impulsgenerators 32 über die einstellbare Verzögerungsleitung 36 dem Impulsgenerator 38 zugeleitet, der wiederum einen identischen Spitzenimpuls erzeugt und auf das Stromtor 40 gibt, dessen zweiter Eingang wiederum an dem Verteiler-Verstärker 22 liegt. Auch hier wird der Spitzenimpuls des Generators 38 über eine einstellbare Verzögerungsleitung 42 auf einen Impulsgenerator 44 gegeben, der wiederum einen identischen Spitzenimpuls erzeugt und auf das Tor 46 leitet, dessen zweiter Eingang wiederum an einen der Ausgänge des Verteiler-Verstärkers 22 angeschlossen ist. Die jeweiligen Ausgänge der Tore 28, 34, 40 und 46 werden einer Schreib- oder Ableeschaltung 48 eingespeist, z. B. in einen Oszillographen.

909830/0989

Das Schaltschema der Figur 3 zeigt lediglich als Beispiel die Schaltung eines der einander gleichen Stromtore 28, 34, 40 und 46. Die beiden, mit dem zugeordneten Impulsgenerator bzw. dem Verteiler-Verstärker 22 verbundenen Eingänge werden addiert und auf den Gleichrichter 50 gegeben, dessen Ausgangssignal sägezahnförmig ist. Ein Gleichrichter 52 und eine an ihn angeschlossene Kompensationsschaltung (Gleichrichter - Kapazität) gleicht etwaige Amplitudenschwankungen des Spitzenimpulses des Impulsgenerators aus. Der Ausgang des Gleichrichters 50 wird auf den Eingang eines Feldeffekttransistors 54 hoher Impedanz gegeben, dessen immer noch sägezahnförmiges aber umgepoltes Ausgangssignal über den Verstärker 56 auf einen Gleichrichter 58 gelangt und hier, zusammen mit der aus einem Widerstand und einer Kapazität bestehenden Schaltung 60 gleichgerichtet und gefiltert wird. Der in den Oszillographen geleitete Ausgang der Tore 28, 34, 40 und 46 besteht daher jeweils aus einem demodulierten, langsam veränderlichen Gleichstromsignal.

Die Blende der Figur 1 sichert dabei die Übertragung eines scharf definierten elektromagnetischen Felds und gewährleistet damit Messwerte ausgezeichneter Auflösung. Jedoch kann die Blende auch entfallen oder es kann eine andere Spulenanordnung und -ausgestaltung zur Anwendung gelangen.

Die Arbeitsweise der vorliegenden Erfindung beruht auf der Lehre vom Sampling in der Zeitkategorie durch wiederholtes Abtasten

eines Signals in verschiedenen zeitlichen Abständen. Enthält eine Funktion $G(t)$ keine Frequenzen mit mehr als w Schwingungen/Sek. so kann sie durch ihre Ordinaten an einer Reihe von in Abständen von $2w$ Sek. aufeinander folgenden Punkten ausgerückt werden. Infolgedessen kann der gesamte Informationsinhalt eines durch die Werkstoffprobe reflektierten Signals 20 der in der Fig. 2 gezeigten Impulsform durch wiederholtes Abtasten entnommen werden. Die maximal erforderliche Abtasthäufigkeit zur Darstellung des gesamten Informationsinhalts eines beträgt dabei $t(2w)$, wobei w die Bandbreite des Abtastsystems in Hertz/Sek. und t die Dauer des reflektierten Impulses in Sek. bezeichnet. Die Abtastung erfolgt also mit einem Mindestabstand von $\frac{1}{2w}$ Sek.

Die in der Fig. 2 gezeigte typische Impulsform erscheint gleichzeitig auf jedem der mehreren Ausgänge des Verteiler-Verstärkers 22. Die Verzögerungsleitungen 24, 30, 36 und 42 werden nunmehr so eingestellt, dass die Spitzenimpulse der Generatoren 26, 32, 38 und 44 in einem zeitlichen Abstand von $1/2w$ Sek. auf die entsprechenden Stromtore gegeben werden und die Abtastung des Impulses 20 in den entsprechenden Zeitabständen erfolgt. Die Anzahl der Stromtore oder dergl. und der angeschlossenen Impulsgeneratoren entspricht dabei der gewünschten Abtasthäufigkeit eines bestimmten reflektierten Signals 20. Eine $t(2w)$ übersteigende Häufigkeit ist jedoch zur Informationsdarstellung nicht erforderlich. Die in der Zeichnung gezeigten vier Gruppen (jeweils Verzögerungsleitung, Impulsgenerator und Tor) sind somit lediglich als Beispiel zu verstehen.

Die Figur 4 zeigt die Oszillographaufzeichnung eines Ausführungsbeispiels. Mit der Anordnung der Figuren 1 und 3 wurde ein Rohrstück aus rostfreiem Stahl mit einem äusseren Durchmesser von 9,5 mm und einer lichten Weite von 8,5 mm geprüft. Der Erregungsimpuls des Generators 10 besass eine Bandbreite von 0,7 Mikrosek. und eine Folgefrequenz von 1000 Impulsen pro Sek. Die wirksame Bandbreite der Empfängerspule und des Verteiler-Verstärkers betrug etwa 3,3 Megahertz. Der durch das Werkstück reflektierte Impuls wurde in Zeitabständen von seiner Erzeugung an gerechnet von 0,15, 0,3, 0,42 und 0,8 Mikrosek. abgetastet, wobei an den Ausgängen 28, 34, 40 und 46 die Wellenformen 62, 64, 66 und 68 auftraten. Die als Fehlersimulation vorgesehene Einkerbung mit einer Länge von 1,58 mm, einer Breite von 0,076 mm und einer Tiefe von 0,114 mm erscheint als Ausschlag 70 in den Wellenformen 64 und 68, dagegen nicht in den insoweit unempfindlichen Wellenformen 62 und 66. Zur Verdeutlichung von Abstandsänderungen von Sonde und Werkstück wurde dieses bei Durchgang unterhalb der Spulen 12 und 21 kurzzeitig vibriert. Das empfangene reflektierte Signal erscheint dabei an der Stelle 72 der Wellenformen 62, 64 und 66. Die Wellenform 68 ist demgegenüber insoweit unempfindlich.

Die Amplitudenschwankungen der Wellenformen 64 und 68 beruhen auf unterschiedlicher Dicke der Rohrwandung. Für diese Änderungen sind die Wellenformen 62 und 66 relativ unempfindlich.

Zur Feststellung oder Unterdrückung einzelner Werkstoffparameter kann der Informationsinhalt der Wellenformen 62, 64, 66 und 68 auf verschiedene Weise kombiniert werden, z. B. durch Autokorrelation eines bestimmten Kanals oder Kreuzkorrelation zwischen mehreren Kanälen. So bilden z. B. die Wellenformen 62, 64, 66 und 68 eine für eine bestimmte Parameteränderung eines bestimmten Werkstoffes charakteristische Kombination. Die für ein bekanntes Werkstück erlangten Wellenformen werden nun aufgezeichnet und mit den für andere Werkstücke erzielten Wellenformen verglichen. Dies kann z. B. durch Übersetzung der Ausgangswellenformen in Digitalworte mit der entsprechenden Anzahl von Informationsbits und Einspeicherung in den Gedächtnisteil eines Rechners erfolgen. Durch entsprechende Übersetzung und Einspeicherung der Wellenformen von zu untersuchenden Werkstoffproben kann in dem Rechner ein Vergleich vorgenommen werden und das Prüfergebnis ausgegeben werden. Wird eine Werkstoffeigenschaft durch Änderungen der Signalstärke an zwei verschiedene Bezugspunkten angezeigt, so kann das Signal-Rauschverhältnis durch Kreuzkorrelation der Spannungstärken an den beiden Bezugspunkten verbessert werden. Zur Verminderung einer Rauschkohärenz der beiden Bezugspunkte werden diese zweckmässigerweise mit dem erforderlichen Abstand gewählt.

Wie erwähnt, beträgt die maximal erforderliche Samplinghäufigkeit des reflektierten Impulses $t(2w)$ bei einem Mindestabstand von $1/2w$. Eine geringere Häufigkeit bei grösseren Zeitabständen

ist möglich. Der Spektraldichteinhalt des reflektierten Signals nimmt bis zur Nullfrequenz bei Annäherung der Zeit an Unendlich ab. Sollen daher in erster Linie Reflexionssignale nur geringer Durchdringung, etwa zur Untersuchung der Oberflächenbeschaffenheit eines Werkstücks abgetastet werden, so ist eine grössere Abtasthäufigkeit im Bereich der Vorderflanke des Impulses angezeigt. Sollen dagegen tiefer gelegene Stellen untersucht werden, so wird die Samplinghäufigkeit zur Rückflanke des reflektierten Impulses hin verschoben. In dem obigen Beispiel lag die grössere Samplinghäufigkeit an der Vorderflanke des reflektierten Impulses (0,15, 0,3 und 0,42 Mikrosekunden), um die Relativbewegung von Sonde und Werkstoff festzustellen. Zur Untersuchung von unter der Oberfläche liegenden ~~und~~ Fehlern ist ein Sample bei 0,8 Mikrosekunden ausreichend und ein Sample bei 0,6 Mikrosekunden braucht nicht entnommen zu werden.

Patentansprüche

1. Anordnung zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung auf mehrere Eigenschaften durch elektromagnetische Bestrahlung, dadurch gekennzeichnet, dass der durch den Werkstoff (16) reflektierte Impuls der ausgesandten elektromagnetischen Energie durch eine Detektorschaltung (21) oder dergl. empfangen und seine Amplitude in einer Reihe von Zeitabständen durch eine geeignete Samplingschaltung abgetastet wird.
2. Anordnung gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Sampling- bzw. Abtasthäufigkeit maximal $2 \cdot tw$ beträgt, wobei w die Bandbreite der Detektorschaltung und t die Zeitdauer des reflektierten Signals bezeichnet.
3. Anordnung gemäss Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Mindestzeitintervall zwischen jeder Abtastung eines Impulses $1/2w$ beträgt.
4. Anordnung gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die durch Impulsgeneratoren (26, 32, 38, 44) oder dergl. erzeugten und über Verzögerungsleitungen (24, 30, 36, 42) zueinander und zu dem den Werkstoff beäufschlagenden Aussendeimpuls zeitlich gestaffelten Spitzenimpulse in Stromtoren (28, 34, 40 46) oder dergl. jeweils mit dem reflektierten bzw. je einem diesem entsprechenden Signal vereinigt werden.

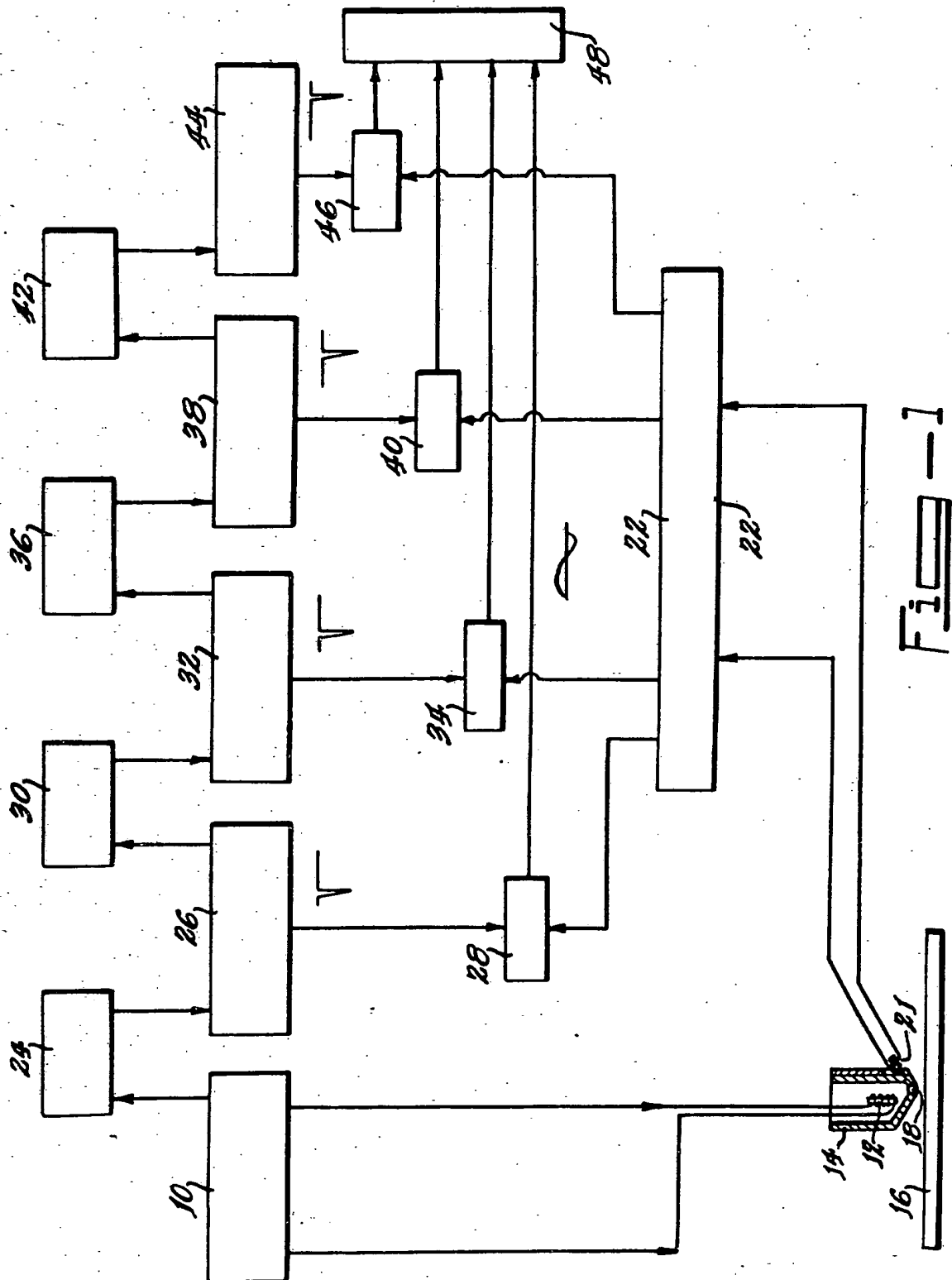
11

5. Anordnung gemäss Anspruch 4 in Verbindung mit den Ansprüchen 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die elektromagnetische Energie der reflektierten Signale über eine Spule 21 in einem an diesen angeschlossenen Verteiler-Verstärker (22) zugeführt wird und dieser mehrere, dem Eingangsimpuls genau entsprechende Ausgangssignale erzeugt, die in die Stromtore (28, 34, 40, 46) eingespeist werden.

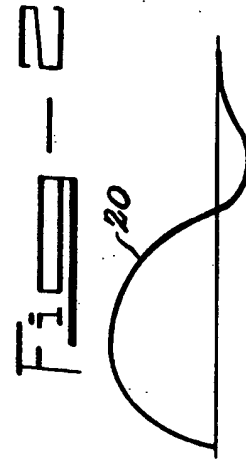
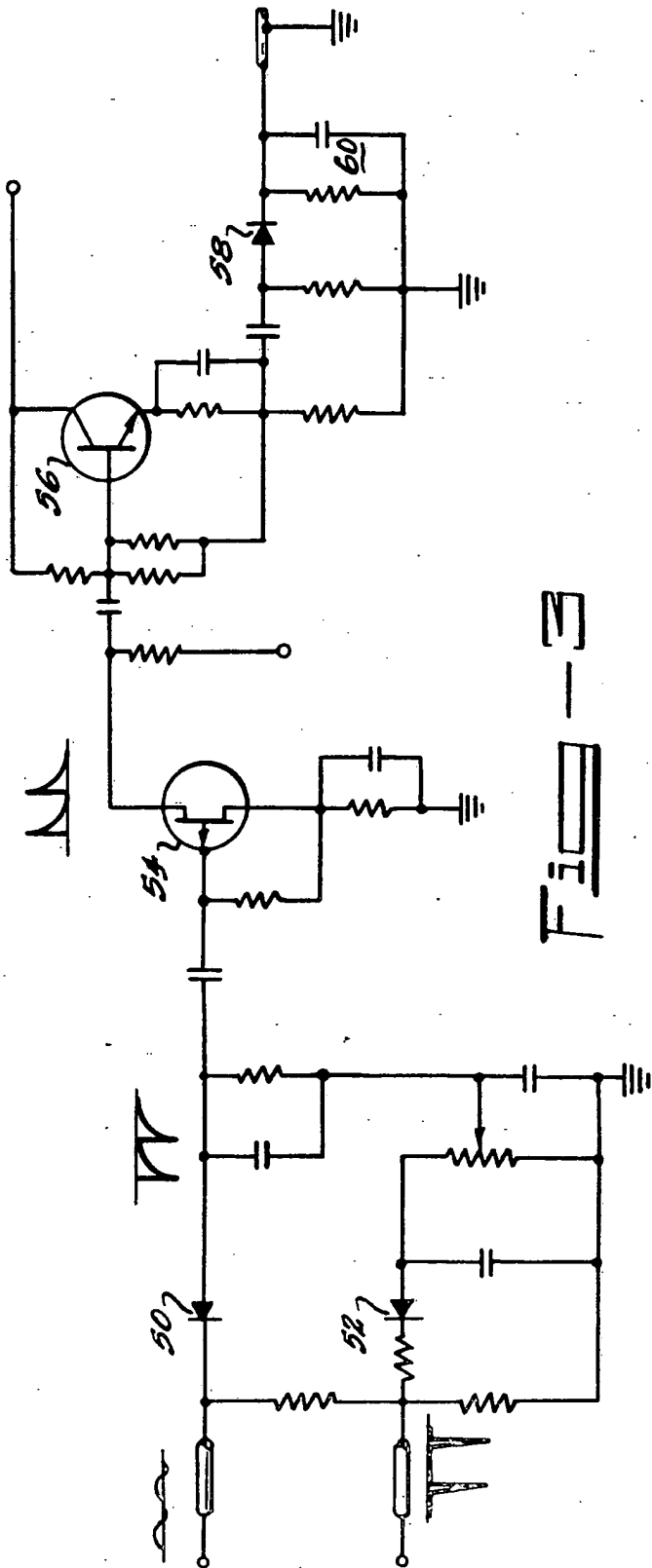
6. Anordnung gemäss den Ansprüchen 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangssignale der Stromtore jeweils der Amplitude des reflektierten Signals zum Zeitpunkt des Auftretens des jeweils diesem zugeordneten Spitzenimpulses entsprechen.

7. Anordnung gemäss den Ansprüchen 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangssignale einer Schreib- oder Ableseschaltung (48) oder dergl. zugeführt werden.

-12-
Leerseite



ORIGINAL INSPECTED



ORIGINAL INSPECTED

14

1815574

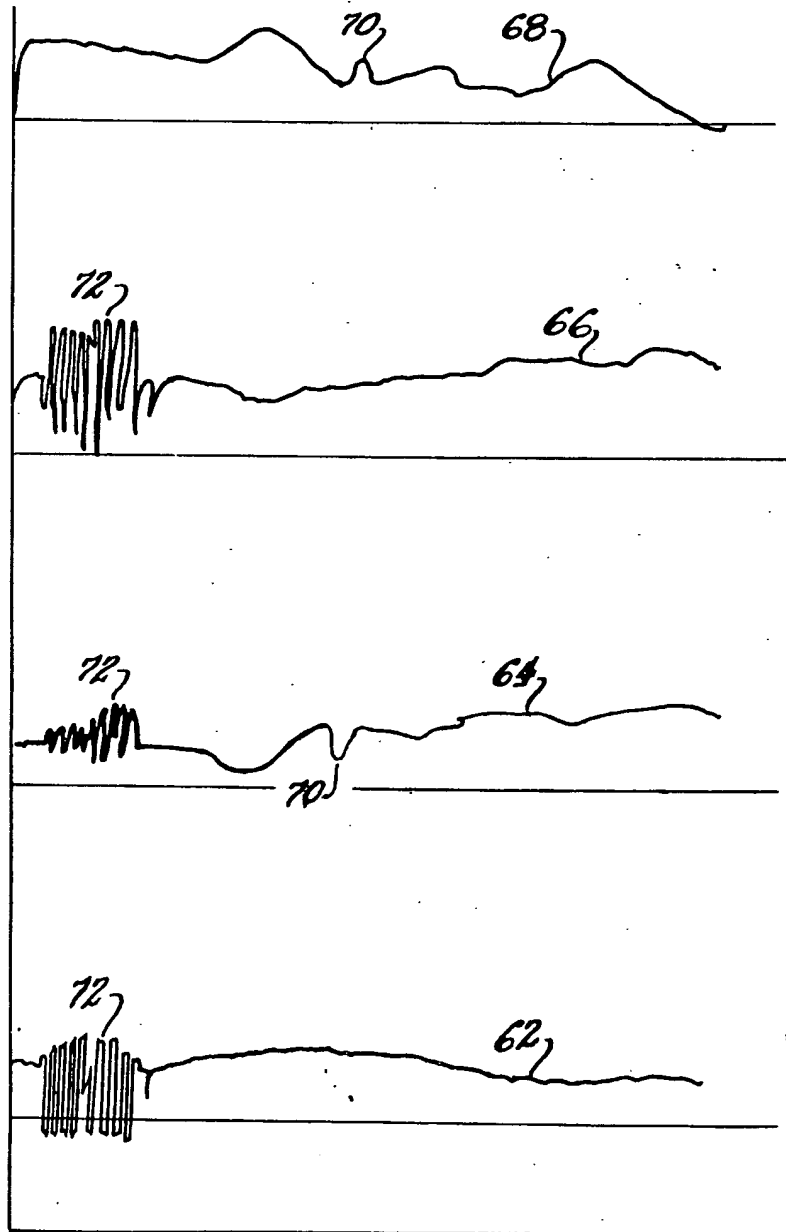


Fig - 4

ORIGINAL INSPECTED

909830/0989

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.